

OPRAVA A STRESSTEST GUĽOVÝCH ZÁSOBNÍKOV SKVAPALNENÝCH UHĽOVODÍKOVÝCH PLYNOV

Doc. Ing. Pavel Élesztös, CSc., Doc. Ing. Štefan Benča, CSc.,

Katedra pružnosti a pevnosti, Strojnícka fakulta,
Slovenská technická univerzita, Nám. slobody 17, Bratislava,
tel.: 07/359 63 98, fax: 07/ 32 66 20,
e-mail: elesztos@dekan.sjf.stuba.sk,

Prof. Ing. Ivan Hrivňák,

Katedra materiálového inžinierstva

Materiálovotechnologickej fakulty STU, 917 24 Trnava,

Ing. František Sklenár, Ing. Ľudovít Böhm,

Slovnaft, Montáže a opravy, a. s., Vlie Hrdlo, 824 12 Bratislava 23

Hĺbka indikácií dosahovala 2 až 4 mm, výnimočne 5 mm. Meranie tvrdosti z vnútorej strany ukázalo, že tvrdosť zvarového kovu je málo pod 200 HV a tvrdosť základného neovplyvneného materiálu bola okolo 130 HV,

tvrdosť tepelne ovplyvnenej oblasti miestami presahovala 400 HV.

Meranie tvrdosti z vonkajšej strany vykázalo nižšie hodnoty a špičky tvrdosti sa ukázali len ako lokálne anomálie. Z viacerých miest indikácií boli odobraté vzorky (lodičky) a boli podrobenej expertíze na Katedre materiálového inžinierstva Materiálovovo-technologickej fakulty STU Bratislava, so sídlom v Trnave. Na základe podrobnej analýzy týchto skutočností p. profesor Hrivňák navrhol vhodný technologický postup zvárania pri oprave guľového zásobníka H 30. V priebehu opráv pri ultrazvukových kontrolách sa zistilo, že nádoba má v niektorých miestach zdvojeninu. Následne boli objednané náhradné segmenty (z toho istého materiálu ako pôvodné) a vadné časti na základe špeciálneho technologického postupu boli vymenené za nové.

Priebežne s prebiehajúcimi opravnými prácmi prebiehal i nedeštruktívna defektoskopická kontrola opravených častí a tiež kontrola tvrdostí tepelne ovplyvnenej oblasti ako i zvarového kovu. Sporadicky sa vyskytujúce miesta s nevyhovujúcou tvrdosťou boli znova vybrúsené a opravené. Po kompletnej oprave neboli na žiadnom mieste zistené indikácie typu trhlín, ani lokality s neprípustnou tvrdosťou.

2. Napäťová skúška (stresstest) nádoby

Korózia patrí medzi najzávažnejšie problémy súčasnej strojárskej praxi. V dôsledku zniženia životnosti konštrukcií spôsobuje veľké ekonomicke škody ale sekundárne, ako dôsledok havárie i ekologicke škody môžu byť obrovské.

Napriek veľmi serióznej defektoskopickej kontrole a tiež podrobnej metalografickej analýze pred uvedením do ďalšej prevádzky sa rozhodlo, že nádoby H 26, H 28 a H 30, na ktorých sa vykonal oprava zváraním, budú podrobene tzv. stresstestu. Tento postup sa používa v prípade vysokých požiadaviek na bezpečnosť prevádzky. Účelom je vytvorenie (vnesení tlakových predpáti) bariér proti šíreniu sa trhlín, rehabilitovať prevádzkovú bezpečnosť nádoby a predĺžiť jej životnosť. Poznamenávame však, že existuje prahový rozmer väčšej vady, ktorá sa prejaví poruchou pri stress teste, v takomto prípade je nutná oprava a následný (nový) stress test.

Vielkosť (maximálneho) tlaku pri stress teste sme navrhli podľa rovnice

$$\delta_{100\%} K = \frac{4 s. K}{D_v}$$

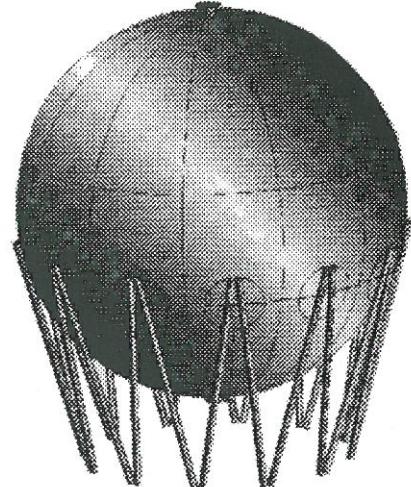
kde je

$\delta_{100\%} K$ – pretlak, ktorý zodpovedá membránovému namáhaniu steny (mimo koncentrátorov napäťia) tlakovéj nádoby na 100 % medze skuzu v MPa

s. – menovitá hrúbka steny po odrátaní prípustného nedosahovania hrúbky steny v mm

K – zaručená minimálna medza skuzu v MPa

D_v – vonkajší priemer guľovej nádoby v mm

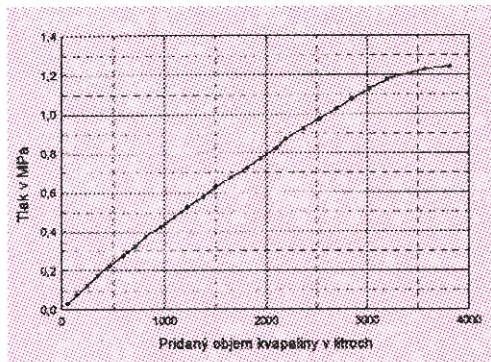


Pri stanovení tohto tlaku sme vychádzali z predpokladu, že medza sklu zvarového kovu je 95 % (z medze sklu základného materiálu. Keď do horeuviedenej rovnice dosadíme hodnoty $s_0 = 14 \text{ mm}$, $K = 323 \text{ MPa}$, $D_v = 12\,500 \text{ mm}$, potom pre tlak stressstu dostaneme

$$\delta_{100\%} K = 1,447 \text{ MPa.}$$

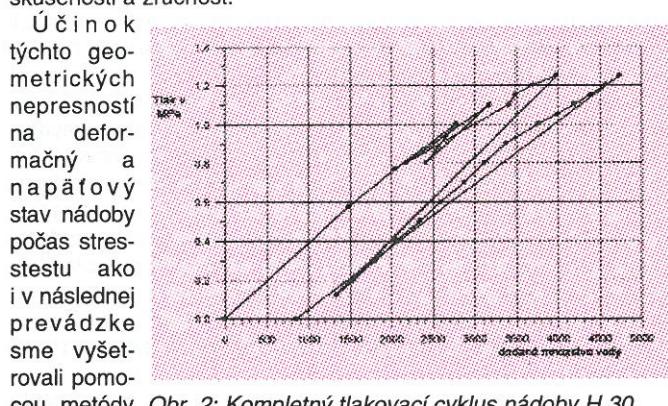
Po korekcii na maximálny hydrostatický tlak, pre tlak stressstu dostaneme 1,4 MPa.

Pri stress teste sme sledovali závislosť dodaného množstva kvapaliny v závislosti na pretlaku. Táto závislosť je znázornená pre nádobe H 28 na obr. 1. Na nádobe H 30 bolo uskutočnených podstatne väčší rozsah opráv, preto v tomto prípade sme zaradili čiastočné odbremenenie materiálu v priebehu tlakovnej skúšky. V oblasti vyšších tlakov výrazná odchýlka od linearity na týchto grafoch svedčí o vzniku globálnych



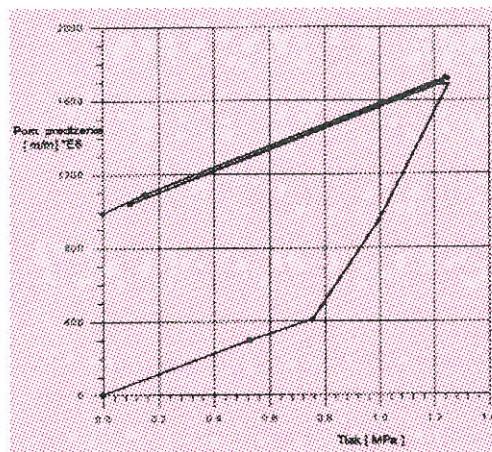
Obr. 1: Prvý cyklus nádoby H 28.

integrálnych plastických deformácií. Pri takomto napäťovom preťažení jej miera je vhodným signálom na ukončenie tlakovania. Namerané tuhostné konštanty ($\frac{1}{\Delta V}$) v oboch prípadoch boli cca o 30 % nižšie ako hodnoty teoretické. Tento rozdiel je možné vysvetliť odchýlkami nádoby od ideálneho guľového tvaru, ako bežný sprievodný jav pri montáži zváraním. Odklony od ideálnej geometrie sa označujú ako strechovitosť zvaru, pričom táto môže byť kladná i záporná. Zvyčajne je dovolená tolerancia odklonu od ideálnej geometrie 10 mm na bm dĺžky oblúka, čo obzvlášť pri opravách (napr. výmena lubov) je ľahko splniteľná požiadavka a vyžaduje skúsenosti a zručnosť.



Obr. 2: Kompletnejší tlakovací cyklus nádoby H 30.

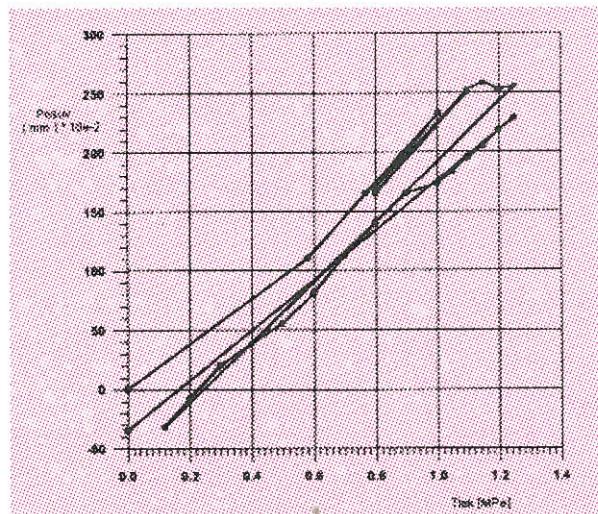
konečných prvkov [1]. Riešenie nelineárnej, pružne-plastickej úlohy dáva dobrý obraz o zmene geometrie nádoby v dôsledku pôsobenia tlaku s tress testu a o rozložení a veľkosti vniesenných zostatkových napäť. Toto rozloženie napäť zase umožní



Obr. 3: Pomerné predĺženie v závislosti na tlaku v závislosti na tlaku.

posúdenie vplyvu výsledných napäť na prevádzkový stav nádoby resp. na jej životnosť. Súčasťou stresstestu boli aj tenzometrické merania v mieste zvaru ako i v jeho tesnej blízkosti. Zameriavali sme sa na zvary s maximálnou strechovitosťou (okolo 15 mm/bm). Na obr. 3 uvádzame nameranú závislosť (nádoba H 26) tlaku a pomerných predĺžení. Z nameranej závislosti vidíme, že materiál do tlaku 0.78 MPa sa choval lineárne a nad týmto tlakom sa objavili plastické deformácie.

Na zvislej osi je možné odčítať i trvalú pomernú deformáciu v mieste a smere príslušného tenzometra. Na obr. 4 sme znázorňovali závislosť posunutia (meranie sme robili pomocou stotinového indikátora) spodnej príruby kalníka v radiálnom (zvislom smere) nádobe H 30. Po vypustení vnútorného pretlaku v tomto mieste sme namerali trvalú deformáciu 0.34 mm.



Obr. 4: Posunutie spodného hrdla.

LITERATÚRA

- [1] ÉLESZTÓS, P. – BENČA, Š.: Určenie základných parametrov stresstestu guľového zásobníka H 30 a pružne-plastickej analýzy účinkov strechovitosti. Strojnícka fakulta STU v Bratislave, Bratislava, jún 1998 (Správa pre a. s. Slovnaft).
- [2] DECHANT, K. E.: Effects of high pressure testing technique on pipelines. 1996 OMAE -Volume V, Pipeline Technology, ASME 1996.
- [3] HRIVNÁK, I. – ÉLESZTÓS, P. – SKLENÁR, F. – BÖHM, L.: Oprava guľových zásobníkov na skvapalene uhlvodíkové plyny, Zváranie, 2, 1998
- [4] HRIVNÁK, I. – ÉLESZTÓS, P. – SKLENÁR, F. – BÖHM, L.: Repair of spherical Storage Tanks for Liquified hydrocarbon Gases, International Institut of Welding, IIW doc. XI-704-99, Lisbon, 1999.
- [5] BENČA, Š. – ÉLESZTÓS, P. – HRIVNÁK, I. – SKLENÁR, F.: Zvýšenie životnosti tlakových nádob pomocou napäťového preťaženia. Medzinárodná konferencia STROJÁRSTVO 98, SjF STU, september 1998.
- [6] HRIVNÁK, I. – ÉLESZTÓS, P. – SKLENÁR, F. – BÖHM, L.: Repair of spherical Storage Tanks for Liquified hydrocarbon Gases, International Institut of Welding, IIW doc. XI-704-99, Lisbon, 1999.